

МОРФОЛОГИЯ ПОВЕРХНОСТИ РАЗРУШЕНИЯ АЛЮМИНИЯ, ФОРМИРУЮЩЕЙСЯ ПРИ ПОЛЗУЧЕСТИ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Загуляев Д.В., Коновалов С.В., Иванов Ю.Ф.

Руководитель – проф., д.ф.-м.н. Громов В.Е.

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»,

г. Новокузнецк

zagulyaev_dv@physics.sibsiu.ru

В последние годы интерес к изучению влияния магнитного поля на физические и механические свойства материалов стабильно высок [1...3], в связи с тем, что данное явление имеет не только теоретическое, но и практическое значение. Например, магнитную обработку используют для улучшения свойств конструкционных материалов, воды, растворов и т.д. Магнито-импульсная обработка широко применяется для режущего инструмента, динамически нагруженных деталей машин с целью увеличения их стойкости и надежности работы [4]. Однако для создания высокопроизводительных технологических процессов обработки немагнитных металлов необходимо понимание физической природы деформирования с наложением магнитных полей. В свою очередь понимание физической природы невозможно без информации о характере разрушения металлов, строении поверхности излома и дефектов его вызвавших.

Цель настоящей работы состояла в определении морфологии поверхности разрушения алюминия и выявлении ее особенностей, формирующихся при ползучести во внешнем магнитном поле и без него.

В качестве материала исследования был использован технически чистый алюминий марки А85. Образцы имели пластинчатую форму, с размерами рабочей части $150 \times 5 \times 0,46$ мм³. Предварительная подготовка исходной структуры заключалась в рекристаллизованном отжиге при 770 К в течении 2 часов. В дальнейшем образцы при комнатной температуре подвергали ползучести с постоянным растягивающим напряжением $\sigma = 65$ МПа до разрушения ($\epsilon \approx 22\%$). Первая половина из них (15 образцов) деформировалась в условиях внешнего магнитного поля с индукцией 0,3 Тл, вторая половина в обычных условиях. Магнитное поле было направлено перпендикулярно оси растяжения. Исследования поверхности разрушения в обычных условиях и в магнитном поле осуществляли методами сканирующей электронной микроскопии с помощью прибора «SEM 515 Philips».

Анализируя макроскопический вид поверхности излома плоского образца алюминия, разрушенного в условиях ползучести, (рисунок 1) выявляются две зоны – волокнистая зона и зона среза. Этот факт указывает

на то, что разрушение алюминия происходило в условиях стабильного роста трещины.

Характерные микрофотографии, демонстрирующие присутствие на поверхности разрушения алюминия различных видов ямок, равноосных и сдвига, приведены на рисунке 2. Следует отметить, что в наших экспериментах ямки сдвига преимущественно формировались при ползучести алюминия в условиях присутствия внешнего магнитного поля.

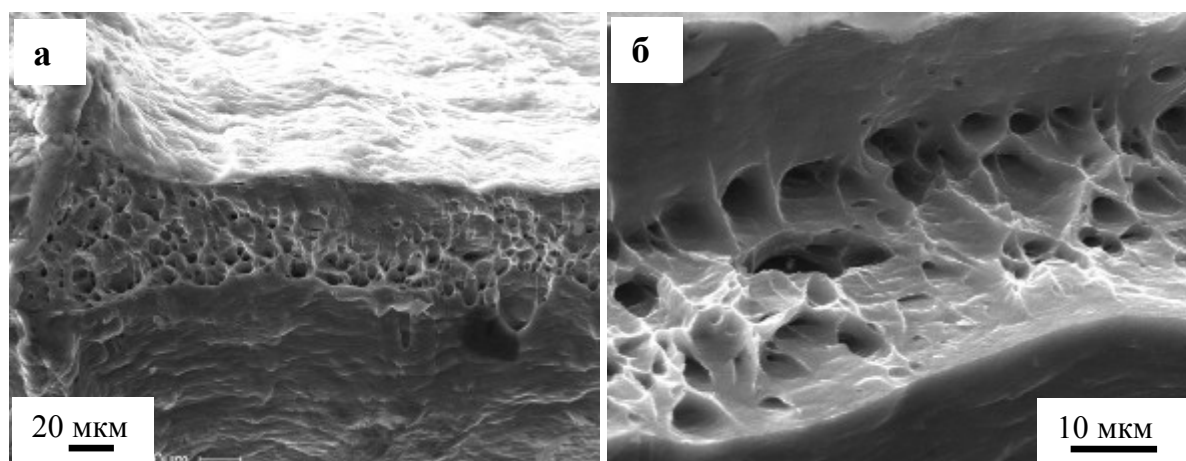


Рисунок 1. Фрактограммы поверхности разрушения технически чистого алюминия, а – ползучесть без магнитного поля; б – ползучесть в присутствии внешнего магнитного поля ($B = 0,30$ Тл)

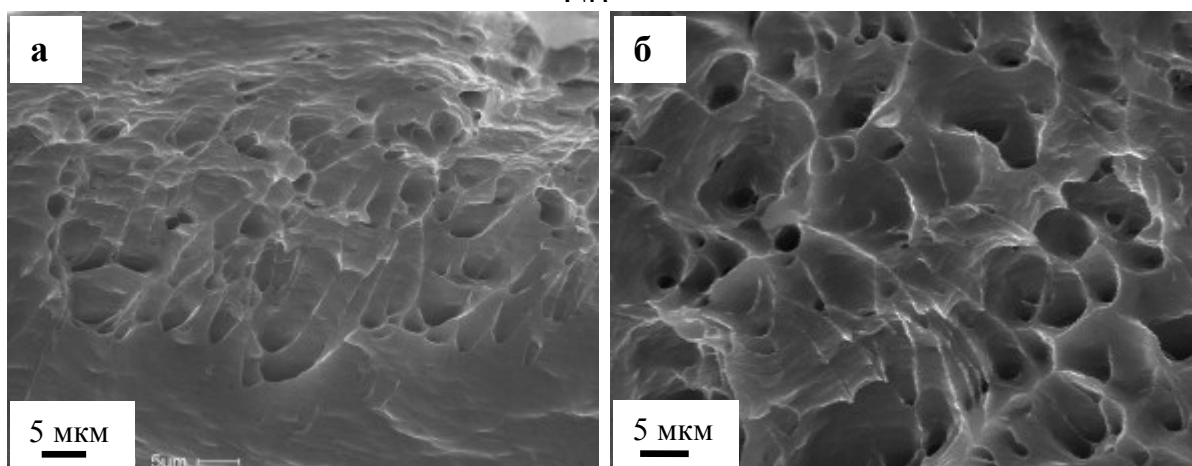


Рисунок 2. Фрактограммы поверхности разрушения технически чистого алюминия, деформированного в условиях ползучести; а – ямки сдвига; б – ямки отрыва

Выполненный в работе статистический анализ поверхности разрушения показал, что в зоне волокнистого излома при деформации без магнитного поля средний размер ямок вязкого излома $3,4 \pm 1,5$ мкм; ползучесть в условиях внешнего магнитного поля приводит к уменьшению

среднего размера ямок вязкого излома более чем в 2 раза ($1,5 \pm 0,9$ мкм). Одновременно с этим уменьшается и интервал существования размеров ямок: в экспериментах без магнитного поля размер ямок изменялся в пределах от 1 до 9 мкм; присутствие магнитного поля приводит к существенному уменьшению предельных размеров ямок (0,25...5 мкм).

Зона среза в исследованных образцах также содержит ямки вязкого излома (ямки сдвига). Проведенные количественные исследования показали, что при испытаниях без магнитного поля средние размеры ямок вязкого излома $1,75 \pm 0,9$ мкм (минимальные размеры 0,5 мкм; максимальные – 4 мкм); при разрушении образцов в присутствии магнитного поля средние размеры ямок вязкого излома $1,1 \pm 0,7$ мкм (минимальные размеры 0,25 мкм; максимальные – 3,75 мкм).

Анализ количественных данных показывает, что ползучесть технически чистого алюминия во внешнем магнитном поле приводит к увеличению мест зарождения ямок вязкого излома (микропор). Местами зарождения ямок вязкого излома являются частицы вторых фаз, внутрифазные (границы раздела зерен) и межфазные (границы раздела частица / матрица) границы раздела, внутризеренные дефекты (субзеренные границы, дислокации). По-видимому внешнее магнитное поле не приводит (в виду его сравнительной малости) к изменению фазового состава, размеров и морфологии частиц второй фазы, состояния и плотности границ зерен. В этом случае полученные результаты могут косвенно свидетельствовать о том, что магнитное поле оказывает влияние на эволюцию (скорость накопления и аннигиляции, механизмы зарождения и схему перестройки) дефектной субструктуры объема и приповерхностного слоя при ползучести алюминия.

Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 г.г.» (гос. контракт № П411).

Список используемых источников:

1. Головин, Ю. И. Магнитопластичность твердых тел (Обзор) / Ю. И. Головин // ФТТ. – 2004. – № 5. – С. 769–803.
2. Альшиц, В. И. Магнитопластический эффект: основные свойства и физические механизмы / В. И. Альшиц, Е. В. Даринская, М. В. Колдаева, Е. А. Петржик // Кристаллография. – 2003. – № 5. – С. 826–854.
3. Песчанская, Н. Н. Скачкообразная ползучесть при сжатии монокристаллов цинка в магнитном поле / Н. Н. Песчанская, Б. И. Смирнов, В. В. Шпейзман // ФТТ. – 2008. – № 6. – С. 997–1001.
4. Малыгин, Б. В. Магнитное упрочнение инструмента и деталей машин / Б. В. Малыгин. – М.: Машиностроение, 1989. – 112 с.